

## Control valves for fuel injection system for IC engine has several parallel flow restrictions to achieve cavitation point at low pressures

**Publication number:** DE10015740

**Publication date:** 2001-10-04

**Inventor:** LEWENTZ GUENTER (DE); BARANOWSKI DIRK (DE); KULL EBERHARD (DE)

**Applicant:** SIEMENS AG (DE)

**Classification:**

- **international:** F02M47/02; F02M63/00; F02M47/02; F02M63/00; (IPC1-7): F02M47/02

- **european:** F02M47/02D

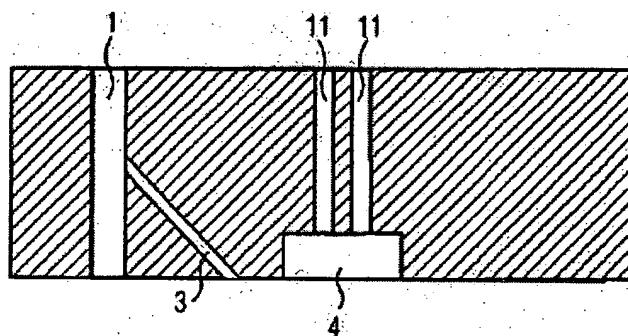
**Application number:** DE20001015740 200000329

**Priority number(s):** DE20001015740 200000329

[Report a data error here](#)

### Abstract of DE10015740

A fuel injection system for an IC engine has a common rail high pressure fuel supply and with flow restriction before and after the pressure chamber for each injector. To achieve cavitation points with low pressure drops across the flow restriction several parallel ducts (3, 11) are provided for the flow restrictions. The cross section of the individual ducts is less than that of a conventional single duct.



---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



⑯ Aktenzeichen: 100 15 740.8  
⑯ Anmeldetag: 29. 3. 2000  
⑯ Offenlegungstag: 4. 10. 2001

⑯ Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑯ Erfinder:  
Lewentz, Guenter, 93055 Regensburg, DE;  
Baranowski, Dirk, Dr., 93059 Regensburg, DE; Kull,  
Eberhard, 85276 Pfaffenhofen, DE

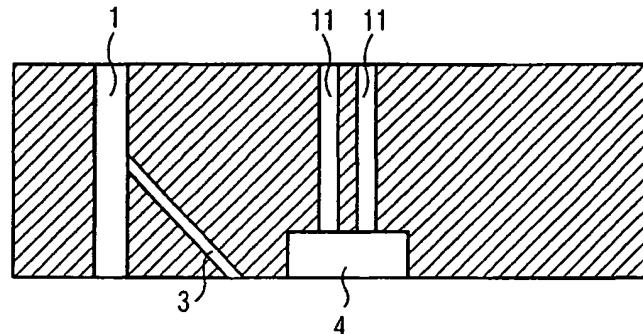
⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 195 29 826 C1  
DE 198 27 267 A1  
DE 198 23 937 A1  
EP 09 21 301 A2  
EP 07 98 459 A2

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑯ Einspritzventil für die Einspritzung von Kraftstoff in eine Verbrennungskraftmaschine

⑯ Die Erfindung betrifft ein Einspritzventil mit einem Servoventil (12) zur Steuerung der Kraftstoffeinspritzung und mit einem Steuerraum (4), der über eine Zulaufdrossel (2) mit einem Kraftstoffzulauf in Verbindung steht und der über eine Ablaufdrossel (11) mit einem drucklosen Kraftstoff-Rücklauf (13) in Verbindung bringbar ist. Um ein Einspritzventil bereitzustellen, bei dem der Kavitationsumschlagpunkt bei geringem Druckgefälle einstellbar ist, ist der Kraftstoffdurchfluss auf mehrere Zulaufdrosseln (2) und/oder Ablaufdrosseln (11) mit einem jeweils kleineren Drosselbohrungsdurchmesser aufteilbar.



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Einspritzventil zum Einspritzen von Kraftstoff in eine Verbrennungskraftmaschine nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Ein solches Einspritzventil ist beispielsweise aus der EP-A-0 192 241 bekannt. Solche Einspritzventile sind zur Steuerung der Fluidströme mit Servoventilen versehen.

[0003] Für die Kraftstoffversorgung von Verbrennungsmotoren werden zunehmend Speichereinspritzsysteme verwendet, bei denen mit sehr hohen Einspritzdrücken gearbeitet wird. Solche Einspritzsysteme sind als Common-Rail-Systeme (für Dieselmotoren) und HPDI-Einspritzsysteme (für Ottomotoren) bekannt. Bei diesen Einspritzsystemen wird der Kraftstoff mit einer Hochdruckpumpe in einen allen Zylindern des Motors gemeinsamen Druckspeicher gefördert, von dem aus die Einspritzventile an den einzelnen Zylindern mit Kraftstoff versorgt werden. Das Öffnen und Schließen der Einspritzventile wird dabei in der Regel elektronisch gesteuert.

[0004] Zu diesem Zweck sind die Einspritzventile bei solchen Systemen mit Servoventilen ausgerüstet, die hydraulisch das Öffnen und Schließen der Düsenadel des Einspritzventils steuern, das heißt insbesondere den Beginn und das Ende des Einspritzvorgangs zeitlich festlegen. Das Servoventil beeinflusst dazu in Verbindung mit Steuerdrosseln vor allem die Geschwindigkeit, mit der das Einspritzventil öffnet und schließt.

[0005] Als Servoventile für Common-Rail-Systeme werden in der Regel 2/2-Wegeventile oder 3/2-Wegeventile verwendet.

[0006] Bei den die Öffnungs- und Schließgeschwindigkeit des Einspritzventils beeinflussenden Steuerdrosseln handelt es sich um eine Zulaufdrossel und eine Ablaufdrossel, wobei die Zulaufdrossel im Bereich zwischen der von dem Hochdruckspeicher kommenden Hochdruckbohrung und dem Steuerraum angeordnet ist, in dem der eigentliche Düsenkörper axial beweglich gelagert ist, und die Ablaufdrossel in einer Bohrung angeordnet ist, die den Steuerraum mit dem Servoventil verbindet.

[0007] In der Regel liegt über einer von dem Kraftstoff durchflossene Drossel ein Druckgefälle vor, das heißt, dass der in Strömungsrichtung vor der Drossel herrschende Vordruck sich von dem Gegendruck hinter der Drossel unterscheidet. Das Druckgefälle über einer Drossel wird unter anderem von dem Kavitationsumschlagpunkt (KUP) bestimmt, der als das Druckgefälle relativ zum Vordruck bestimmt ist, oberhalb von dem der Durchfluss durch die Drossel nicht mehr vom Gegendruck hinter der Drossel abhängt. Die Eigenschaft, dass ab einem bestimmten Differenzdruck der Massenstrom durch die Drossel nur noch vom Vordruck vor der Drossel und nicht mehr vom Gegendruck hinter der Drossel abhängt, ist für die bei Dieselmotoren verwendeten Common-Rail-Injektoren von Nutzen.

[0008] Da an der Ablaufdrossel ein möglichst frühzeitiger Eintritt in die Kavitation benötigt wird, um einen konstanten Abfluss zu erzielen, und an der Zulaufdrossel ein möglichst spätes Eintreten der Kavitation gefordert wird, ist es von Vorteil, wenn der Kavitationsumschlagpunkt in einem großen Umfang frei gewählt werden kann. Es besteht aber das Problem, dass bei einem gegebenen Durchfluss durch die Drossel der Kavitationsumschlagpunkt bei einem möglichst geringen Druckgefälle einzustellen ist. Der Nutzen von geringen Druckgefällen besteht bei pulsierenden Strömungen, die in der Einspritztechnik häufig vorkommen, darin, dass dabei der Massenstrom pro Puls durch die Drossel deutlich weniger von Schwankungen des Gegendrucks abhängt. Damit wird der Durchfluss reproduzierbar.

[0009] Davon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Einspritzventil der eingangs genannten Art so auszustalten, dass der Kavitationsumschlagpunkt (KUP) bei einem möglichst geringen Druckgefälle über die Drossel erzielt werden kann.

[0010] Diese Aufgabenstellung wird erfahrungsgemäß durch die im Patentanspruch 1 genannten Merkmale gelöst.

[0011] Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfahrungsgemäßen Einspritzventils sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0012] Durch das erfahrungsgemäße Aufteilen des Durchmessers der Drosselbohrung der Zulaufdrossel und/oder der Ablaufdrossel auf mehrere Drosselbohrungen mit kleinerem Durchmesser ist es möglich, den Kavitationsumschlagpunkt gezielt auf kleine Druckgefälle einzustellen, die mit einer einzelnen großen Drosselbohrung nicht einstellbar gewesen wären.

[0013] Weiter Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung der zugehörigen Zeichnung, in der die erfahrungsgemäße Ausgestaltung eines Einspritzventils beispielhaft schematisch dargestellt ist. In der Zeichnung zeigt:

[0014] Fig. 1 einen schematischen Aufbau eines Einspritzventils mit einem 2/2-Wegeventil als Servoventil;

[0015] Fig. 2 eine schematisch Detailansicht des eine Ablaufdrossel zeigenden Teils eines erfahrungsgemäßen Einspritzventils;

[0016] Fig. 3a einen Schnitt durch eine Drosselbohrung gemäß dem Stand der Technik und

[0017] Fig. 3b einen Fig. 3a entsprechenden Schnitt, jedoch die Drosselbohrungen eines erfahrungsgemäßen Einspritzventils darstellend.

[0018] Anhand von Fig. 1 werden zunächst der Aufbau und die Arbeitsweise eines Einspritzventils mit einem 2/2 Wegeventil als Servoventil erläutert.

[0019] Wie aus Fig. 1 ersichtlich, wird der Kraftstoff mit Systemdruck von einem nicht dargestellten Hochdruckspeicher über eine Hochdruckbohrung 1 und eine mit einer Zulaufdrossel 2 versehene Zulaufbohrung 3 einem Steuerraum

4 im Einspritzventilgehäuse 5 zugeführt. Im Steuerraum 4 wirkt der dort vorliegende Druck auf das hintere Ende eines axial beweglich gelagerten und geführten Düsenkörpers 6, der dazu dient, mit einer am vorderen Ende angeordneten Düsenadel 7 Einspritzlöcher 8 im Einspritzventilgehäuse 5 zu öffnen und zu verschließen, die zum Brennraum eines Verbrennungsmotors führen.

[0020] Die Einspritzlöcher 8 stehen bei geöffnetem Einspritzventil mit einer Düsenkammer 9 in Verbindung, die ihrerseits über die Hochdruckbohrung 1 mit dem Hochdruckspeicher verbunden ist. Wenn sowohl im Steuerraum 4 als auch in der Düsenkammer 9 der volle Systemdruck anliegt, wird der Düsenkörper 6 aufgrund der größeren Wirkfläche im Steuerraum 4 nach unten gedrückt, so dass die Einspritzlöcher 8 verschlossen werden.

[0021] Bei der dargestellten Ausführungsform eines Einspritzventils führt vom Steuerraum 4 eine Bohrung 10 im Einspritzventilgehäuse 5 mit einer Ablaufdrossel 11 zu einem in das Einspritzventilgehäuse 5 integrierten Servoventil 12 in Form eines 2/2-Wegeventils. Vom Servoventil 12 führt

ein druckloser Kraftstoff-Rücklauf 13 zum nicht dargestellten Kraftstofftank. Das Servoventil 12 schaltet über einen Stöbel 14, der von einem elektromagnetischen und/oder piezoelektrischen Aktor 15 angesteuert wird.

[0022] Das Servoventil 12 hat die Aufgabe, den Druck zu steuern, der im Steuerraum 4 zum Öffnen und Schließen des Einspritzventils auf den axial beweglichen Düsenkörper 6 ausgeübt wird.

[0023] Wenn das Servoventil 12 geschlossen ist, steht im

Steuerraum 4 im wesentlichen der volle Systemdruck an, so dass der Düsenkörper 6 nach unten gedrückt wird und die Düsenadel 7 am vorderen Ende des Düsenkörpers 6 die Einspritzlöcher 8 verschließt, die in den Brennraum führen.

[0024] Wird der Aktor 15 des Servoventils 12 elektrisch angesteuert, übt der Stöbel 14 eine Kraft auf das federbelastete Servoventil 12 aus, in dessen Folge sich das Servoventil 12 öffnet. Bei offenem Servoventil 12 stellt sich zwischen Hochdruckspeicher, Steuerraum 4, Servoventil 12 und Kraftstoff-Rücklauf 13 eine stationäre Strömung ein, die an den einzelnen Drosseln, der Zulaufdrossel 2 und der Ablaufdrossel 11, zu einem definierten Druckabfall führt. Die als zylindrische Bohrungen ausgebildeten Zulauf- und Ablaufdrosseln 2 und 11 sind so bemessen, dass sich dabei der Druck im Steuerraum 4 verringert. Durch diese Druckminde-  
10 rung nimmt die auf den Düsenkörper 6 wirkende Kraft ab, während der Druck in der Düsenkammer 9 gleich dem Systemdruck bleibt, so dass das Einspritzventil durch die in der Düsenkammer 9 auf den Düsenkörper 6 wirkende Kraft hydraulisch geöffnet wird. Durch diese Verschiebung des Düsenkörpers 6 wird die Verbindung der Düsenkammer 9 mit den Einspritzlöchern 8 wieder hergestellt und der Kraftstoff wieder in den Brennraum eingespritzt.

[0025] Die Drosselbohrungen der Zulaufdrossel 2 sowie der Ablaufdrossel 11 sind bei den aus dem Stand der Technik bekannten Einspritzventilen als einfache zylindrische Bohrungen ausgebildet, wie dies in Fig. 3a dargestellt ist. Bei den von dem Kraftstoff durchflossenen Drosseln steht in Strömungsrichtung vor der Drossel der Vordruck  $P_{vor}$  und in Strömungsrichtung hinter der Drossel der Gegendruck  $P_{geg}$  an. Wenn der Gegendruck  $P_{geg}$  langsam von 0 auf den Vordruck  $P_{vor}$  erhöht wird, so ändert sich zunächst der Durchfluss durch die Drossel nicht. Erst ab Erreichen eines bestimmten Druckgefälles  $P_{kup}$  mit  $P_{kup} = P_{vor} - P_{geg}$  hängt der Durchfluss durch die Drossel vom Gegendruck  $P_{geg}$  ab. Dieser Punkt, ab dem diese Abhängigkeit beginnt, wird als Kavitationsumschlagpunkt (KUP) bezeichnet. Die Eigenschaft, dass ab einem bestimmten Differenzdruck der Massenstrom nur noch vom Vordruck  $P_{vor}$  und nicht mehr vom Gegendruck  $P_{geg}$  abhängt, ist insbesondere für die Anwendung in 40 Common-Rail-Injektoren von großer Bedeutung.

[0026] Da an der Ablaufdrossel 11 ein möglichst frühzeitiger Eintritt in die Kavitation benötigt wird, um einen konstanten Abfluss zu erzielen, und an der Zulaufdrossel 2 ein möglichst spätes Eintreten der Kavitation gefordert wird, ist es von Vorteil, wenn der Kavitationsumschlagpunkt in einem großen Umfang frei wählbar ist. Dabei besteht aber das Problem, bei gegebenem Durchfluss den Kavitationsumschlagpunkt bei einem möglichst geringen Druckgefälle einzustellen.

[0027] Der Nutzen eines Kavitationsumschlagpunktes bei einem geringen Druckgefälle liegt darin, dass dabei der Massenstrom der durch die Drosseln während des Schaltvorgangs deutlich weniger von den Schwankungen des Gegendrucks  $P_{geg}$  und damit dem Strömungsquerschnitt des 55 Ventils abhängt.

[0028] Bisher konnte der Kavitationsumschlagpunkt nur durch den Drosselbohrungsdurchmesser, die Länge der Drosselbohrung oder hydro erosive Verrundungen erzielt werden. Während die Verkleinerung des Bohrungsdurchmessers den Nachteil mit sich bringt, dass auch der Massenstrom durch die Drosseln abnimmt, hat die Ausbildung der Verrundungen den Nachteil, dass diese das Druckgefälle, bei dem der Kavitationsumschlagpunkt liegt erhöhen.

[0029] Bei der in den Abbildungen Fig. 2 und 3b dargestellten Drossel besteht die Drosselbohrung einer Drossel aus zwei parallel zueinander angeordneten Drosselbohrungen, die einen jeweils gegenüber der bekannten Drosselbohrung

reduzierten Bohrungsdurchmesser aufweisen. Durch die Erhöhung der Anzahl an Drosselbohrungen kann die Durchflussverminderung ausgeglichen werden, die durch die Reduzierung des Bohrungsdurchmessers bewirkt wird.

[0030] Durch diese Ausbildung einer Mehrzahl von kleinen Drosselbohrungen, die jedoch den Durchfluss einer großen Drosselbohrung ermöglichen, kann der Kavitationsumschlagpunkt gezielt auf so kleine Druckgefälle eingestellt werden, wie dies bei der Ausbildung einer Drossel mit nur einer Drosselbohrung bei vorgegebenem Durchfluss nicht möglich ist.

[0031] Eine weitere Möglichkeit, das Durchflussverhalten einer Drossel zu beeinflussen, ist, die Drossel nicht als zylindrische Bohrung, sondern als düsenförmige oder diffusorförmige Bohrung auszubilden.

[0032] Bei einer düsenförmig ausgebildeten Drosselbohrung ist der Zulaufdurchmesser größer als der Ablaufdurchmesser. Umgekehrt ist bei einer diffusorförmigen Drosselbohrung der Zulaufdurchmesser kleiner als der Ablaufdurchmesser.

[0033] Die diffusorförmige Ausgestaltung der Drosselbohrung ist für die Ablaufdrossel 11 vorteilhaft, da sich hier der Kavitationsumschlagpunkt zu den niedrigen Gegendruckwerten  $P_{geg}$  hin verschiebt. Dahingegen wird die düsenförmige Drosselbohrung für die Zulaufdrossel 2 bevorzugt, da sich aufgrund des höheren Drucks der Durchfluss erhöht, was wiederum ein schnelleres Schließen des Einspritzventils ermöglicht.

#### Patentansprüche

1. Einspritzventil für die Einspritzung von Kraftstoff in eine Verbrennungskraftmaschine mit einem Servoventil (12) zur Steuerung der Kraftstoffeinspritzung und mit einem Steuerraum (4), der über eine Zulaufdrossel (2) und eine Zulaufbohrung (3) mit einem Kraftstoffzulauf in Verbindung steht und der über eine Ablaufdrossel (11) mit einem drucklosen Kraftstoff-Rücklauf (13) in Verbindung bringbar ist, wobei der im Steuerraum (4) herrschende Druck auf einen beweglichen Düsenkörper (6) wirkt, der mit einer Düsenadel (7) in Wirkverbindung steht, die bei der Bewegung des Düsenkörpers (6) Einspritzlöcher (8) freigibt oder verschließt, wobei das Servoventil (12) einen Stöbel (14) aufweist, der über einen Aktor (15) zwischen einer die Ablaufdrossel (11) mit dem drucklosen Kraftstoff-Rücklauf (13) in Verbindung bringende Offenstellung und einer diese Verbindung versperrenden Schließstellung verstellbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoffdurchfluss durch die Zulaufdrossel (2) und/oder die Ablaufdrossel (11) auf mehrere Zulaufdrosseln (2) und/oder Ablaufdrosseln (11) mit jeweils kleinerem Drosselbohrungsdurchmesser aufgeteilt ist.

2. Einspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mehreren Zulaufdrosseln (2) bzw. Ablaufdrosseln (11) mit jeweils kleinerem Drosselbohrungsdurchmesser parallel zueinander ausgebildet sind.

3. Einspritzventil nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoffgesamtdurchfluss durch die mehreren Zulaufdrosseln (2) und/oder Ablaufdrosseln (11) mit kleinerem Drosselbohrungsdurchmesser aufgeteilt ist.

durchmesser dem Kraftstoffgesamtdurchfluss durch eine Zulaufdrossel (2) bzw. Ablaufdrossel (11) mit nur einer Drosselbohrung entspricht.

4. Einspritzventil nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die mehreren Drosselbohrungen der Zulaufdrossel (2) <sup>5</sup> düsenförmig ausgebildet sind.

5. Einspritzventil nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die mehreren Drosselbohrungen der Ablaufdrossel (11) <sup>10</sup> diffusorförmig ausgebildet sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG 1

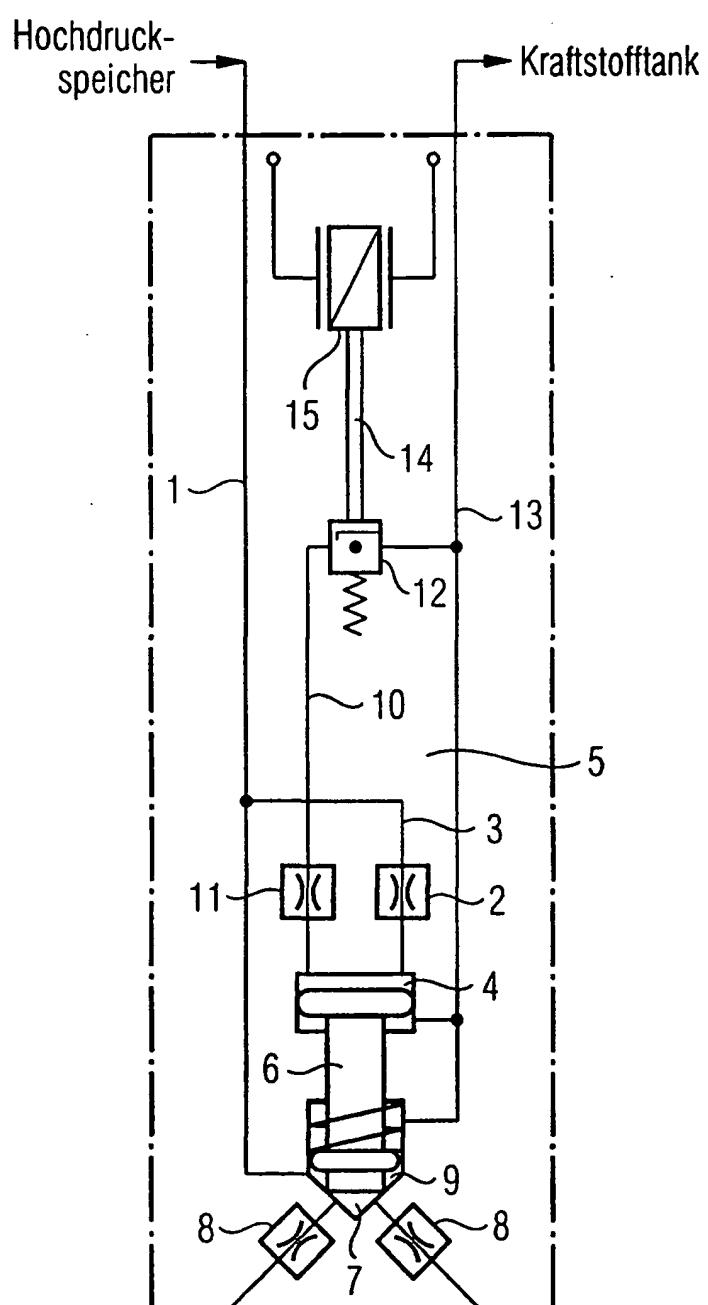


FIG 2

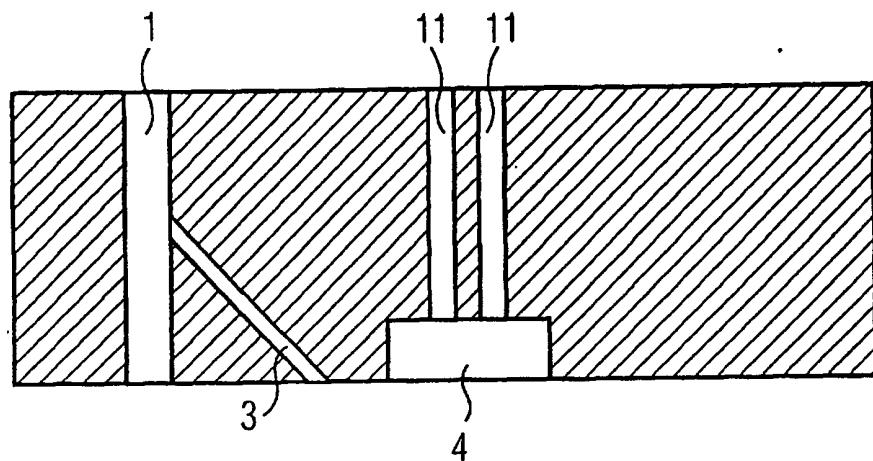
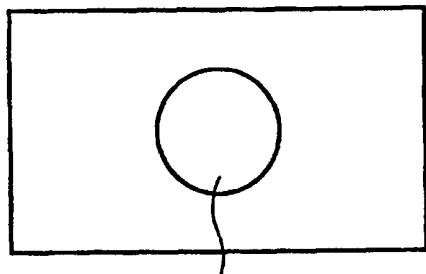
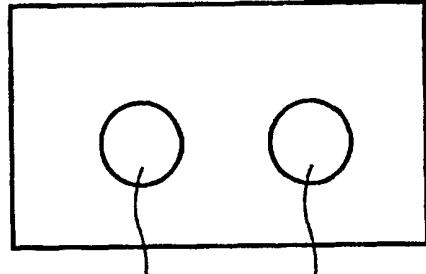


FIG 3a



2 bzw. 11

FIG 3b



2 bzw. 11 2 bzw. 11

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**